

## TRANSMISI GELOMBANG MELALUI STRUKTUR BAWAH AIR BERBAHAN *GEOTEXTILE TUBE* SEBAGAI PELINDUNG PANTAI PASIR BUATAN

**Daniel Bara Padang Allo**

*Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Universitas Cenderawasih, Jayapura.*

**Chairul Paotonan**

*Staf Pengajar Program Studi Teknik Kelautan, Universitas Hasanuddin*

*Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea - Makassar, 90245*

*Telp. 0411-585637, email: paotonan\_ch@yahoo.com.*

### Abstrak

Perlindungan pantai pasir buatan dari ancaman erosi akibat gempuran gelombang dilakukan dengan pembangunan pelindung pantai. Permasalahan yang timbul dengan dibangunnya konstruksi pelindung pantai tersebut adalah terganggunya keindahan dan kenyamanan pantai (puncak struktur yang muncul ke permukaan), bahan konstruksi yang tidak ramah lingkungan, dan biaya yang cukup mahal. *Geotextile tube* (geotube) sebagai pemecah gelombang bawah air merupakan salah satu alternatif bangunan pelindung pantai pasir buatan terhadap erosi. Informasi teknis tentang transmisi gelombang melalui struktur ini masih sangat terbatas. Penelitian dilakukan dengan menggunakan model fisik 2D untuk mencari parameter-parameter yang berpengaruh terhadap transmisi gelombang. Model dibuat dari kain menyerupai geotube kemudian diisi pasir dengan cara memvariasi tinggi struktur ( $h_s$ ) terhadap kedalaman di lokasi struktur ( $d_s$ ) ( $h_s/d_s$ : 0,72, 0,86, 0,90, 1,00). Demikian juga untuk mengetahui pengaruh parameter lebar struktur ( $B$ ), lebar model divariasi dengan mempertahankan tinggi struktur ( $h_s$ ). Dengan memvariasi periode dan tinggi gelombang yang melewati struktur yang ditempatkan di dalam saluran gelombang sebelumnya, peneliti melakukan pengamatan dan pengukuran tinggi gelombang di depan dan di belakang struktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transmisi gelombang melalui struktur ini dipengaruhi oleh parameter struktur ( $h_s/d_s$ ) dan parameter gelombang ( $H_0/gT^2$ ). Dengan regresi multi parameter didapatkan formula koefisien transmisi  $K_t = 0,606 - 0,690.(h_s/d_s) - 0,116.\ln(H_0/gT^2)$ . Parameter lebar struktur ( $B$ ) dalam penelitian ini tidak terlalu berpengaruh terhadap transmisi gelombang karena adanya hamparan pasir di belakang struktur.

### Kata Kunci

*Geotube, transmisi, pemecah gelombang bawah air.*

## PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang memiliki daerah pantai yang panjang, sekitar 81.000 km dan berada pada urutan kedua di dunia setelah Kanada (Triatmodjo, 1999). Permasalahan yang dihadapi terkait dengan daerah pantai adalah mundurnya garis pantai dan hilangnya fasilitas infrastruktur serta pemukiman yang diakibatkan oleh aktifitas gelombang laut yang cukup ekstrim.

Pertimbangan utama yang harus diperhatikan dalam mengatasi permasalahan daerah pantai adalah usaha tersebut harus layak dari segi teknis, ekonomis dari segi biaya, ramah lingkungan dan bersifat estetik (untuk obyek wisata). Salah satu alternatifnya adalah struktur pemecah gelombang bawah berbahan *geotube*. Keuntungan penggunaan struktur

## Transmisi Gelombang melalui Struktur Bawah Air Berbahan *Geotextile Tube* sebagai Pelindung Pantai Pasir Buatan

---

ini adalah biaya murah karena material yang digunakan mudah diperoleh dan tidak mengganggu pemandangan karena puncak struktur tidak muncul ke permukaan.

Efektifitas atau kinerja dari suatu pemecah gelombang bawah air dapat dilihat dari koefisien transmisi,  $K_t$  gelombang tersebut. Koefisien transmisi didefinisikan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang yang melewati bangunan dengan tinggi gelombang yang datang menerpa pemecah gelombang. Semakin besar nilai  $K_t$ , berarti semakin tidak efektifitas pemecah gelombang tersebut dalam meredam gelombang, demikian pula sebaliknya. Permasalahannya adalah belum diketahuinya unjuk kerja struktur ini dalam melindungi daerah pantai pasir buatan. Dengan alasan ini, maka akan dilakukan penelitian terkait permasalahan tersebut.

### Bentuk Geotube

Geotube adalah struktur berbahan *geotextile* yang bentuknya seperti kapsul panjang dimana pada bagian dalamnya diisi pasir atau kerikil (Gambar 1).



**Gambar 1.**  
Bentuk *geotube*.

### Gelombang Berjalan (*Progressive Wave*) dan Gelombang Berdiri (*Standing Wave*)

Persamaan fluktuasi permukaan air sepanjang  $x$  dan sepanjang waktu  $t$  pada gelombang berjalan atau progresif diturunkan berdasarkan persamaan potensial kecepatan dan persamaan Bernoulli linear (Dean dan Dalrymple, 1984):

$$\eta = \frac{1}{g} \frac{\partial \phi}{\partial t} \bigg|_{z=0} = \frac{H}{2} \cos(kx - \sigma t) \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan (1) didapatkan persamaan dispersi gelombang, kemudian dengan memasukkan harga  $\sigma = \frac{2\pi}{T}$  dan  $k = \frac{2\pi}{L}$  didapatkan persamaan panjang gelombang:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (2)$$

Selanjutnya superposisi dari gelombang yang berjalan ke arah kanan dan gelombang yang berjalan ke arah kiri menghasilkan persamaan gelombang berdiri:

$$\eta = H \cos kx \cos \sigma t \quad (3)$$

### Gelombang Berdiri Parsial

Di alam, sering terjadi refleksi yang tidak sempurna atau tidak seluruh energi gelombang dipantulkan, melainkan sebagian dari energi gelombang datang diserap oleh penghalang dan sebagian lagi ditransmisikan melewati penghalang tersebut. Profil gelombang total di depan penghalang adalah (Dean dan Dalrymple, 1984):

$$\eta_t = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) + \frac{H_r}{2} \cos(kx + \sigma t + \varepsilon) \quad (4)$$

Dalam pengukuran tinggi gelombang di dalam saluran gelombang, Dean dan Dalrymple telah menurunkan Persamaan (4) untuk mendapatkan formula dalam pengukuran tinggi gelombang di laboratorium sebagai berikut:

$$H_i = \frac{H_{maks} + H_{min}}{2} \quad (5)$$

$$H_r = \frac{H_{maks} - H_{min}}{2} \quad (6)$$

Dengan cara yang sama, sebagian tinggi gelombang yang ditransmisikan melewati penghalang dapat dihitung dengan rumus:

$$H_t = \frac{(H_{maks})_t + (H_{min})_t}{2} \quad (7)$$

subskrip t pada Persamaan (5) menandakan transmisi.

### Transmisi Gelombang

Rasio antara gelombang yang diteruskan (ditransmisikan) melalui bangunan atau penghalang dan gelombang datang, dinyatakan dengan koefisien transmisi ( $K_t$ ) yang dapat ditulis sebagai:

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad (8)$$

Beberapa penelitian yang terkait dengan transmisi gelombang melalui pemecah gelombang bawah air telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Nizam (1987) dalam Nur Yuwono (1995) mengadakan penelitian mengenai pemecah gelombang bawah air. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa pengurangan tinggi gelombang merupakan fungsi dari lebar puncak pemecah gelombang ( $B$ ), kedalaman air ( $h$ ), tinggi air di atas pemecah gelombang ( $d$ ) dan periode gelombang ( $T$ ):

$$\frac{H_t}{H_i} = K_t = \exp \left\{ -0,493 - 0,819 \left( \frac{B}{gT^2} \right) + 0,444 \ln \left( \frac{h-d}{H_i} \right) \right\} \quad (9)$$

Sementara itu Sila Darma (1994), meneliti bahwa besarnya koefisien transmisi gelombang pada terumbu buatan dapat diformulasikan:

$$K_t = \exp \left\{ -0,509 - 0,206 \cdot \ln \left( \frac{h-d}{H_i} \right) - 1,32 \left( \frac{B}{gT^2} \right) \right\} \quad (10)$$

Selanjutnya Armono dan Hall (2003) telah mempublikasikan hasil penelitiannya mengenai transmisi gelombang pada pemecah gelombang bawah air dari karang buatan yang berbentuk setengah bola berlubang dengan rumus:

$$K_t = 1,616 - 31,322 \cdot \frac{H_i}{gT^2} - 1,099 \frac{h}{d} + 0,265 \frac{h}{B} \quad (11)$$

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi, Pusat Studi Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada (PSIT-UGM), Yogyakarta. Fasilitas laboratorium yang digunakan adalah saluran gelombang (*flume*) dengan panjang efektif 20 m, lebar 1 m, dan tinggi 1,5 m, pembangkit gelombang (*wave maker*) untuk memvariasikan periode dan tinggi gelombang, satu set alat ukur gelombang (*capacity wave high meter*) dan lima buah *wave probe* digunakan untuk mengukur tinggi gelombang di depan struktur dan di belakang struktur serta satu buah laptop untuk merekam hasil pengukuran dari alat pengukur gelombang, sebagaimana pada Gambar 3.



**Gambar 3**  
Fasilitas Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi PSIT UGM.

Model dibuat dari kain yang diisi dengan pasir sebagai pemberat. Kemiringan pantai di depan struktur pemecah gelombang didekati dengan persamaan Bruun (1954) yang

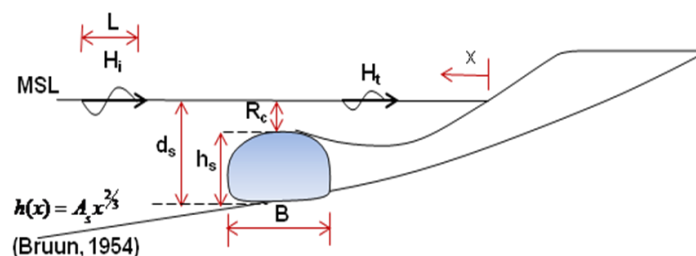
menganggap profil pantai setimbang direpresentasikan oleh nilai kedalaman air sebagai fungsi jarak dari garis pantai yang diukur pada muka air rerata dirumuskan dengan:

$$h(x) = A_s x^{2/3} \quad (12)$$

di mana  $h(x)$  adalah kedalaman profil pantai sebagai fungsi jarak  $x$  dari garis pantai,  $A_s$  adalah parameter bentuk yang tergantung pada stabilitas sedimen dasar. Nilai  $A_s$  didekati dengan persamaan Moore (1982) dengan memberikan harga  $A_s$  sebagai fungsi dari kecepatan jatuh sedimen ( $w$ ), seperti persamaan berikut:

$$A_s = 0,067 w^{0,44} \quad (13)$$

Untuk lebih jelasnya detail pemodelan dapat dilihat pada Gambar 4. Adapun model sebelum running dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 4.**  
Pemodelan dalam saluran (*flume*).



**Gambar 5.**  
Posisi model sebelum *running*.

Untuk variasi parameter bangunan dibuat berdasarkan perbandingan tinggi struktur ( $h_s$ ) dan kedalaman di lokasi struktur ( $d_s$ ) sebagai berikut:  $(h_s/d_s) = 0,72; 0,86; 0,90$  dan  $1,0$ . Pengujian (*running*) dengan memvariasi parameter gelombang berdasarkan periode ( $T$ ) dan tinggi gelombang (stroke):  $T = 1,0$  ( $S$ : 6 dan 8),  $T = 1,2$  ( $S$ : 6, 8 dan 10),  $T = 1,4$  ( $S$ : 8 dan 12),  $T = 1,6$  ( $S$ : 8 dan 14) dan  $T = 1,8$  ( $S$ : 8 dan 16) untuk setiap parameter struktur ( $h_s/d_s$ ). Jadi pengujian dilaksanakan sebanyak 44 kali *running*. Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh parameter lebar dari struktur pemecah gelombang ( $B$ ), lebar struktur divariasi dengan mempertahankan tinggi struktur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

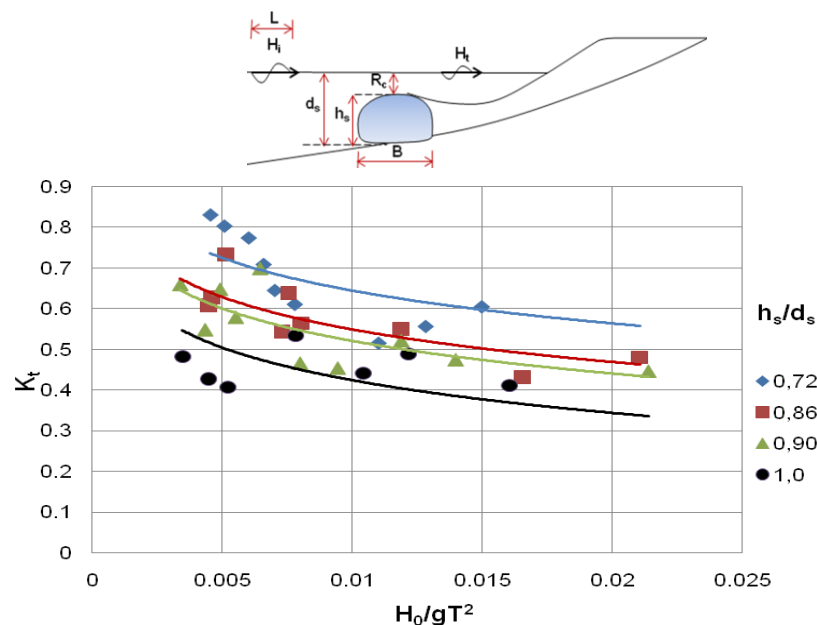
### Presentasi Transmisi Berdasarkan Parameter Tanpa Dimensi

Untuk mengetahui pengaruh lebar dari struktur pemecah gelombang bawah air terhadap transmisi gelombang, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 6. Gelombang yang berjalan di atas permukaan struktur akan mengalami gesekan dengan permukaan struktur di sepanjang lebar struktur. Secara teoritis semakin panjang lebar struktur, gelombang akan mengalami kehilangan tenaga yang semakin besar akibat gesekan yang terjadi sehingga gelombang yang dilewatkan akan semakin kecil. Dengan demikian koefisien transmisi akan semakin kecil.

Berdasarkan Gambar 6, akibat perubahan lebar struktur ( $B$ ) menunjukkan perubahan nilai koefisien transmisi tidak terlalu signifikan atau grafiknya cenderung merapat satu sama lain bahkan ada grafik yang saling berpotongan. Hal ini disebabkan oleh karena adanya hamparan pasir yang diletakkan di belakang struktur dimana permukaan hamparan pasir tersebut rata dengan puncak struktur. Akibat gesekan antara fluida gelombang dengan permukaan hamparan pasir tersebut, juga akan menyebabkan terjadinya kehilangan tenaga dari gelombang. Dengan demikian, akibat pengaruh variasi dari lebar struktur ( $B$ ) pada penelitian ini menghasilkan koefisien transmisi yang tidak jauh berbeda.

### Pengaruh Kecuraman Gelombang terhadap Transmisi Gelombang

Pengaruh kecuraman gelombang grafiknya dibuat dengan menggunakan parameter tak berdimensi  $K_t$  (koefisien transmisi) sebagai variabel arah vertikal dan  $H_0/gT^2$  sebagai variabel arah horisontal. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.**

Grafik hubungan antara parameter gelombang dengan  $K_t$  untuk setiap  $h_s/d_s$ .

Berdasarkan Gambar 7 secara umum tren data memperlihatkan bahwa semakin besar nilai  $H_0/gT^2$ , nilai koefisien transmisi semakin menurun. Demikian juga semakin tinggi struktur pemecah gelombang, koefisien transmisi semakin kecil. Berdasarkan pembahasan tersebut,

dapat disimpulkan bahwa transmisi gelombang yang terjadi sangat dipengaruhi oleh parameter struktur, dalam hal ini yang sangat berpengaruh adalah tinggi dan lokasi struktur ( $h_s/d_s$ ) dan parameter kecuraman gelombang ( $H_0/gT^2$ ). Atau secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

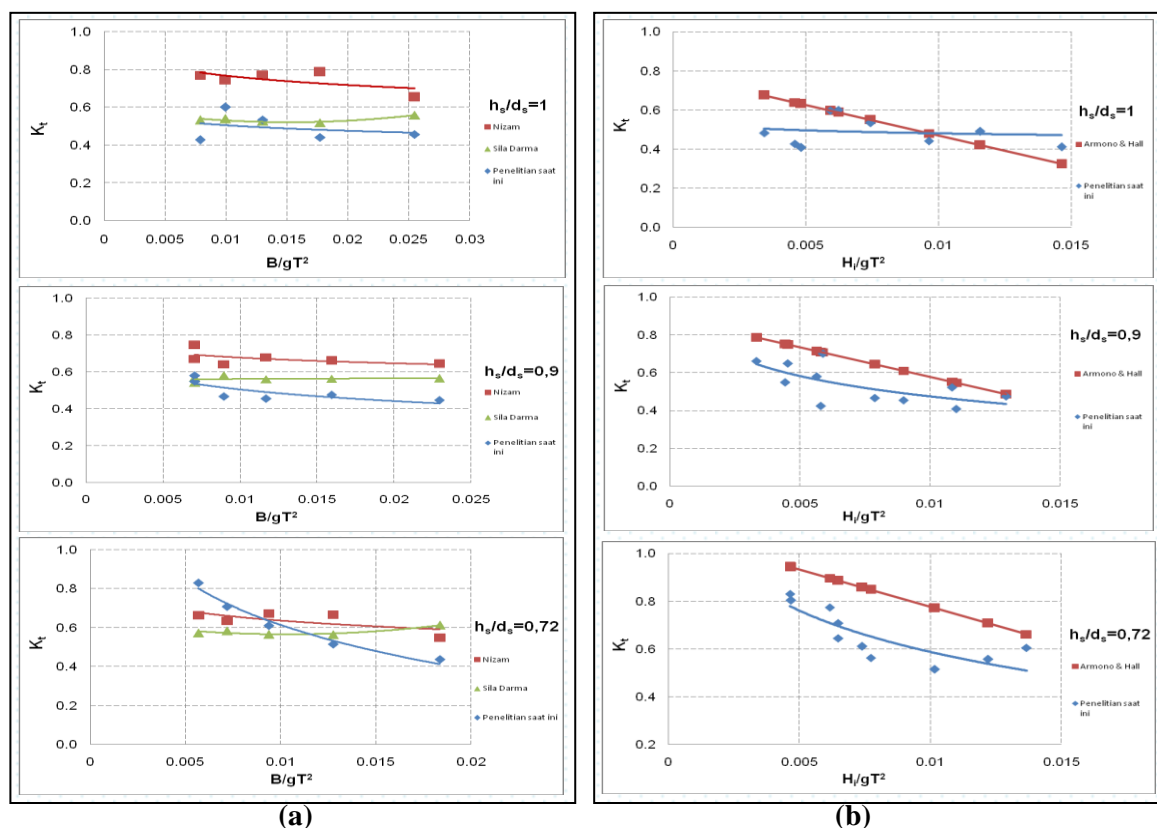
$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = f\left(\frac{h_s}{d_s}, \frac{H_0}{gT^2}\right) \quad (14)$$

Dengan melakukan regresi multi parameter, diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = 0,606 - 0,690 \cdot \left(\frac{h_s}{d_s}\right) - 0,116 \cdot \ln\left(\frac{H_0}{gT^2}\right) \quad (15)$$

### Perbandingan dengan Hasil Penelitian Sebelumnya

Oleh karena perbedaan parameter tak berdimensi yang digunakan dalam masing-masing persamaan yang dihasilkan ketiga penelitian sebelumnya, maka perbandingan dengan hasil penelitian sebelumnya dibagi dalam dua bagian. Perbandingan pertama dengan Persamaan (10) dan Persamaan (11) karena memiliki parameter yang sama, dapat dilihat pada Gambar 11 (a) dan perbandingan yang kedua dengan Persamaan (12), dapat dilihat pada Gambar 11 (b).



**Gambar 8.**

Perbandingan antara (a). Penelitian sebelumnya; dengan (b). Penelitian saat ini.



## **SIMPULAN**

- Parameter yang berpengaruh dalam transmisi gelombang melalui struktur bawah air *geotextile tube* (*geotube*) dalam melindungi pantai pasir buatan adalah parameter struktur yang diwakili oleh parameter tak berdimensi  $h_s/d_s$  dan parameter gelombang yang diwakili oleh parameter tak berdimensi  $H_0/gT^2$ . Dengan menggunakan regresi multi parameter didapatkan formula koefisien transmisi:

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = 0,606 - 0,690 \cdot \left( \frac{h_s}{d_s} \right) - 0,116 \cdot \ln \left( \frac{H_0}{gT^2} \right)$$

- Parameter lebar struktur dalam melindungi pantai pasir buatan tidak terlalu berpengaruh karena adanya hamparan pasir di belakang struktur yang juga bisa berfungsi sebagai peredam energi gelombang. Sehingga variasi dari lebar struktur pada penelitian ini menghasilkan koefisien transmisi yang tidak jauh berbeda,

## **Ucapan Terimakasih**

Melalui kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Gadjah Mada secara khusus kepada Prof. Ir. Nur Yuwono, Dip.HE., Ph.D dan Prof. Ir. Radianta Triatmadja, Ph.D. yang telah membimbing penulis sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Armono, H.D. and Hall, K.R., 2003, *Wave Transmission on submerged Breakwater Made of Hollow Hemispherical Shape Artificial reefs*, 1<sup>st</sup> Coastal Estuary and Offshore Engineering Specialty Conference of the Canadian Society for Civil Engineering (4 – 7 Juni 2003), Moncton – Canada .
- Bambang Triatmodjo, 1999, *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- D'Angremond, K., Van der Meer, J.W., and de Jong, R.J., 1995, *Wave Transmission at Low Crested Structures*, 25<sup>th</sup> Int. Conf. on Coastal Eng., Orlando, Florida.
- Daemrich, Karl Friedrich, et.al, 2001, *Wave Transmission at Submerged Breakwaters*, Proc.of the 4<sup>th</sup> International Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis, San Fransisco, USA.
- Dean, Robert G. and Dalrymple, Robert A., 1984, *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists (Advanced Series on Ocean Engineering – Volume 2)* , Prentice Hall, Inc.
- Dean, Robert G. and Dalrymple, Robert A., 2004, *Coastal Processes with Coastal Engineering Applications*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Fowler, Jack., et.al, *Riprap Covered Geotextile Tube Embankments*



- Horikawa Kiyoshi, 1978, *Coastal Engineering (An Introduction to Ocean Engineering)*, University of Tokyo Press, Japan.
- Isebe, Damien, et.al, 2007, *Shape Optimization of Geotextile Tubes for Sandy Beach Protection*, International Journal for Numerical Methods in Engineering, Published online in Wiley Interscience. DOI : 10.1002/nme.2209.
- Miratech (The Leader Geocontainment Solutions), *Geosystems (Geotube, Geocontainer, and Geobag)*, Marine Engineering, Ten Cate Nicolon.
- Nizam, 1987, *Refleksi dan Transmisi Gelombang pada Pemecah Gelombang Bawah Air*, in Nur Yuwono, 1994, *Studi Model Fisis Stabilitas dan Unjuk Kerja Reef Buatan pada Perlindungan Pantai*, PAU IT UGM, Yogyakarta.
- Nur Yuwono, 1992, *Dasar – Dasar Perencanaan Bangunan Pantai*, Lab. Hidraulik dan Hidrologi, PAU IT UGM, Yogyakarta.
- Nur Yuwono, 1992, *Pedoman Teknis Perencanaan Pantai Pasir Buatan (Sand Nourishment)*, Lab. Hidraulik dan Hidrologi, PAU IT UGM, Yogyakarta.
- Nur Yuwono, 1994, *Perencanaan Model Hidraulik (Hydraulic Modelling)*, Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi, PAU IT UGM, Yogyakarta.
- Paotonan, C., Nur Yuwono, Radiana Triatmadja, dan Bambang Triatmodjo, 2010, *Pendekatan Teoritis dan Eksperimental Transmisi Gelombang melalui Pemecah Gelombang Bawah Air*, Proceeding PIT HATHI, Surabaya.
- Paotonan, C., Nur Yuwono, Radiana Triatmadja, dan Bambang Triatmodjo, 2011, *Two Dimensional Physical Modelling of Sediment Loss Through a Submerged Coastal Structure*, *Proceedings: International Seminar on Water Related Risk Management*, HATHI, Jakarta.
- Radiana Triatmadja, 2006, *Draft Teknik Pantai*, UGM, Yogyakarta.
- Shin, E. C and Oh, Y.I, 2007, *Coastal Erosion Prevention by Geotextile Tube Technology*, *Geotextiles and Geomembranes*, Vol.25, pp 264-277.
- Sila Dharma, I Gusti Bagus, 1994, *Unjuk Kerja Terumbu Buatan (Artificial Reef) sebagai Peredam Energi Gelombang*, Tesis S-2, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sorensen, Robert M., 1978, *Basic Coastal Engineering*, John Wiley & Son.
- Thaha, Arsyad, 2001, *Simulasi rumpun Bakau (Rhizophora Shrub) sebagai Peredam Energi Gelombang*, Tesis S-2, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

